

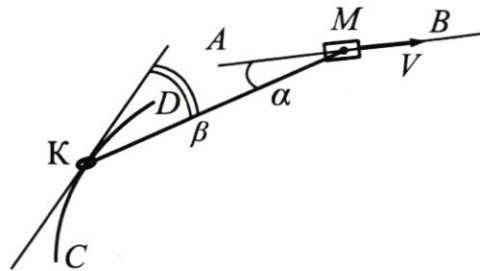
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вло:

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



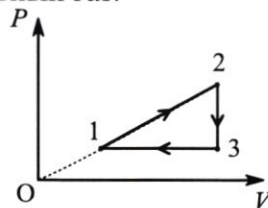
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.

1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.

2) Найти для процесса 1-2 отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



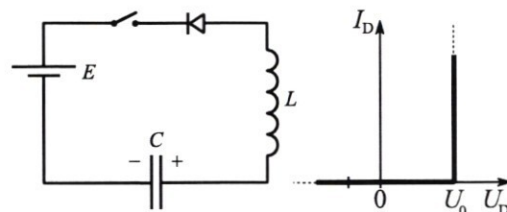
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0,2d$ от положительно заряженной обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

- 1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.
- 2) Найдите напряжение U на конденсаторе.
- 3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным. *Важно!*

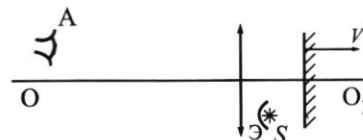
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.

- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- 3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.



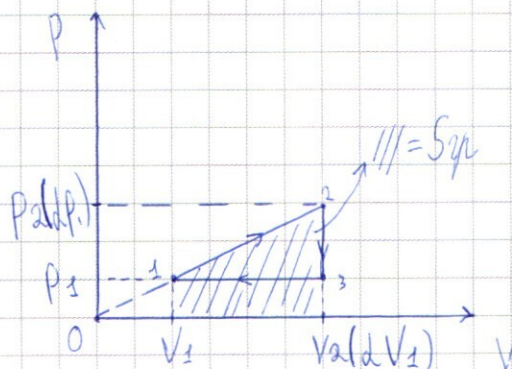
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/3$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии F от линзы.

- 1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
- 2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
- 3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 2



1) м.к. проц. 1-2 прямо пропор. P и V , то значит в проц. 1-2 давлен. увели в 2 раз, масса и объем увели в 2 раз

2) Запишем Менг-Клайн для 1-2
 $(2P_1 - P_1) \cdot (V_2 - V_1)$

$$a) (P_2 - P_1)(V_2 - V_1) = \nu R(T_2 - T_1) \quad (*)$$

из ур-ия видно, что левая часть увели. (м.к. $P_2 > P_1$ и $V_2 > V_1$) $\Rightarrow$ увели. и правая часть, т.е. $T_2 > T_1 \Rightarrow$ в проц. 1-2 было повыш. температуры

$$b) \text{ Менг-Клайн для 2-3: } (P_1 - P_2)V_2 = \nu R(T_3 - T_2)$$

левая часть умень. $\Rightarrow$ правая умень. $T_3 < T_2 \Rightarrow$ в проц. 2-3 было понижение темпер.

$$b) \text{ Менг-Клайн для 3-1: } P_1(V_1 - V_2) = \nu R(T_1 - T_3) \text{ . Аналогично } T_1 < T_3$$

$\Rightarrow$ идет понижен. темпер.

Вопрос N 1) $\frac{C_{2-3}}{C_{3-1}} = ?$

Процесс 2-3 изохорный $\Rightarrow C_{2-3} = \frac{i}{2} R = \frac{3}{2} R$

Проц. 3-1 изобарный $\Rightarrow C_{3-1} = \frac{i}{2} R + R = \frac{5}{2} R$

$$\frac{C_{2-3}}{C_{3-1}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$$

Ответ: 1) $\frac{3}{5}$ / при любых

3) Воспользуемся ур-ием (*): $(P_2 - P_1)(V_2 - V_1) = \nu R(T_2 - T_1)$

$$2^2 P_1 V_1 (2^2 - 1) = \nu R(T_2 - T_1)$$

$$\Delta U_{1-2} (\text{изм. внутр. энерг.}) = \frac{3}{2} pR(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (d^2 - 1) p_1 V_1$$

$$Q_{1-2} (\text{количество теплоты, которое излучает газ}) = A_{1-2} (\text{работа газа}) + \Delta U_{1-2}$$

$$A_{1-2} = +S p_1 (\text{см. график}) = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1) = (d^2 - 1) \frac{p_1 V_1}{2}$$

Вопрос 12 $\frac{Q_{1-2}}{A_{1-2}} = ?$; $\frac{Q_{1-2}}{A_{1-2}} = \frac{A_{1-2} + \Delta U_{1-2}}{A_{1-2}} = 1 + \frac{\Delta U_{1-2}}{A_{1-2}} =$

$$= 1 + \frac{\frac{3}{2} (d^2 - 1) p_1 V_1}{(d^2 - 1) \frac{p_1 V_1}{2}} = 4 \quad \text{Ответ: (2) 4}$$

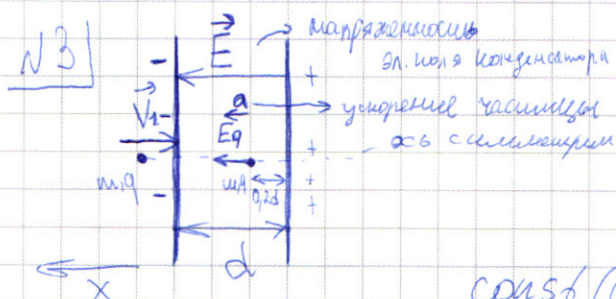
(4) A_p (работа газа за весь цикл) есть площадь трапеции с вершинами 1, 2, 3 ; $A_p = \frac{1}{2} (p_2 - p_1) (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (d^2 - 1) p_1 V_1$

Q_H (количество теплоты, которое излучает газ за весь цикл) = Q_{1-2} (м.н. изм. внутр. энерг.)

Вопрос 13 $\eta = ?$ $\eta = \frac{A_p}{Q_H} = \frac{A_p}{Q_{1-2}} = \frac{A_p}{A_{1-2} + \Delta U_{1-2}} = \frac{\frac{1}{2} (d^2 - 1) p_1 V_1}{\frac{1}{2} (d^2 - 1) p_1 V_1 + \frac{3}{2} (d^2 - 1) p_1 V_1} =$

$$= \frac{1}{4} = 0,25 \quad \text{или} \quad \eta = 25\%$$

Ответ (3) 25%



Решение: Когда частица попадает в конденсатор на нее начинают действовать со стороны эл. поля конденс. сила Eq , которая соотв. (по условию), силой тяжести пренебрежимо

1) Запишем ЗСЭ (в момент входа и, когда произошла остановка):

$$\text{ЗСЭ: } \frac{mv_1^2}{2} = Eq \cdot (d - 0,2d)$$

$$E = \frac{mv_1^2}{2,8dq} = \frac{5mv_1^2}{8dq} = \frac{5V_1^2}{8d\epsilon}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) Запишем 231 на ось Ox в синусоидальной форме:

~~Ox: $E q T = m(0 - V_1)$~~ Вопрос N1)

Ox: $E q T = m(0 - (-V_1))$

$E q T = m V_1$

$T = \frac{m V_1}{E q} = \frac{V_1}{E \gamma} = \frac{V_1 \cdot 8 d \gamma}{5 V_1^2 \gamma} = \frac{8 d}{5 V_1}$

Ответ(1) $T = \frac{8 d}{5 V_1}$

Вопрос N2)

$U = E d = \frac{5 V_1^2}{8 \gamma}$

Ответ(2) $U = \frac{5 V_1^2}{8 \gamma}$

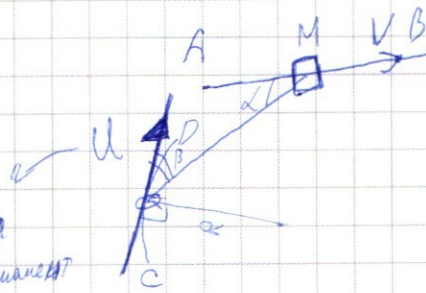
Вопрос N3)

На бесконечно бол. пласт. отн. конд. на частицу не будет действовать эл. поле. Внешнее, которое создаст конденсатор около себя, т.е. на него не будут действовать никакие силы (силы магн. взаимодей.) и частица разгонится до скорости света, т.е. $V_0 = c$ (c-скорость света)

Ответ(3) $V_0 = c$ (c-скорость света)

~~N4)~~ N1)

Скорость
катушки
в данный момент



(1) Скорость катушки ~~вдоль~~ направлена по касательной к окружности (прямой)

Вопрос №1 За ~~в данной задаче~~ ~~даны~~

замкнутым контуром. Частота скорости кольца и муфта

$$U \cos \beta = V \cos \alpha$$

$$U = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{40 \text{ см/с} \cdot \frac{3}{5} \cdot 14}{8} = \frac{40 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot 3 \cdot 14}{8 \cdot 5} = 51 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

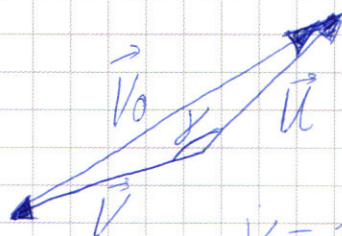
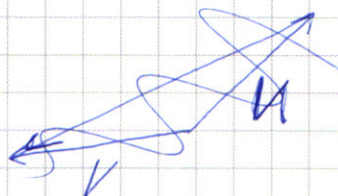
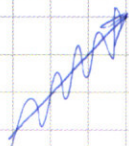
Ответ: (1) $U = 51 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

(2) Пересечение в С.О. муфты, тогда по 3 СС: ~~$\vec{U} + \vec{V} = \vec{V}_0$~~ , $\vec{V}_0 + \vec{V} = \vec{U}$

где V_0 - скорость центра системы муфты, в этот момент

направления векторов скорости муфты и скорости

Вопрос №2



$$\gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta)$$

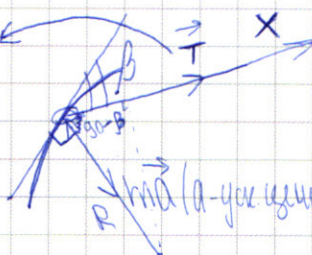
по Т. кос: $V_0^2 = V^2 + U^2 - 2 \cos \gamma VU$

$$V_0 = \sqrt{40^2 + 51^2 - 2 \cdot 40 \cdot 51 \cos(\arccos \frac{3}{5} + \arccos \frac{8}{14})}$$

Ответ (2): $V_0 = \sqrt{4201 + 4080 \cdot \cos(\arccos \frac{3}{5} + \arccos \frac{8}{14})} \frac{\text{см}}{\text{с}}$

(3) Рассматриваем кольцо:

Угловая
скорость
муфты



Запишем 23Н: ОХ: $T = m a \cos(90^\circ - \beta)$

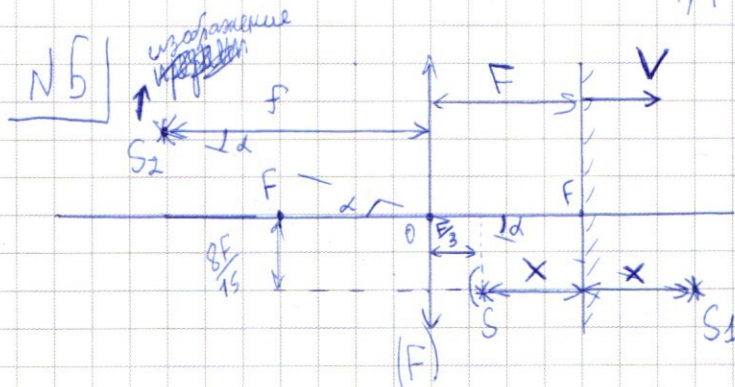
$$T = m a \sin \beta$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{64}{289}} = \frac{15}{17}$$

$$a = \frac{U^2}{R} \quad (U \text{ в } \frac{\text{см}}{\text{с}})$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T = \frac{m u^2}{R} \sin \mu \Rightarrow T = 1 \cdot \frac{51^2 \cdot 15}{1,4 \cdot 17 \cdot 10^4} = 0,135 \text{ H}$$



$$X = F - \frac{F}{3} = \frac{2F}{3}$$

для числа предельного уровня значимости S_1

Задача №1 $\rightarrow$ $\frac{1}{x+f} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$
(пропущен толстой линией)

Искренне уважаю
В вопросе №1

$$\frac{1}{\frac{2f}{3} + f} + \frac{1}{f} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{3}{5F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$f = \frac{5}{2} \cdot \frac{5F}{2}$$

Orbital (1) $f = \frac{5F}{2}$

(2) Пусть $S_1, T.D$ и S_2 лежат на одной прямой

$$n = \frac{f}{d} = \frac{5F \cdot 3}{2 \cdot fF} = \frac{3}{2}$$

(3) в с.о. зеркала: S_1 движется с V вправо

Вопрос №2 угол α отмечен на рисунке:

Ответ №2: $\operatorname{tg} \alpha = \frac{8F.3}{15.5F} = \frac{8}{25}$

Вопрос №3

$U^* - ?$

12

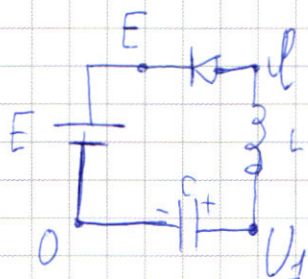
Скорость изменения
в С.О. ЭДС

$$\frac{U}{V} = r^2 \Rightarrow U = V r^2 = \frac{9}{4} V$$

Скорость изменения
в С.О. ЭДС

Перезапись в С.О. Земли: $U^* = U + V =$
 $= \frac{13}{4} V$

№4



Воспользуемся ИУП (амплит.)

$$U - E = U_0 \Rightarrow U = E + U_0 = 4B$$

Вопрос №1

$\frac{\Delta I}{\Delta t} - ?$

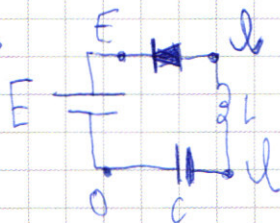
расшифруем катушку:

$$U_1 - U = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{U_1 - U}{L} = \frac{2}{0,2} \text{ A/s}$$

Ответ: $\Rightarrow \text{A} \Rightarrow \text{A/s}$

Эт. Когда придет максим. ток, то напряж. на катушке равно нулю $\rightarrow$



Законим ЭДС после замык. ключа и в момент максим. тока $\searrow$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\text{ЗСЭ: } A_{\text{ист}} = \Delta W_c + \Delta W_L$$

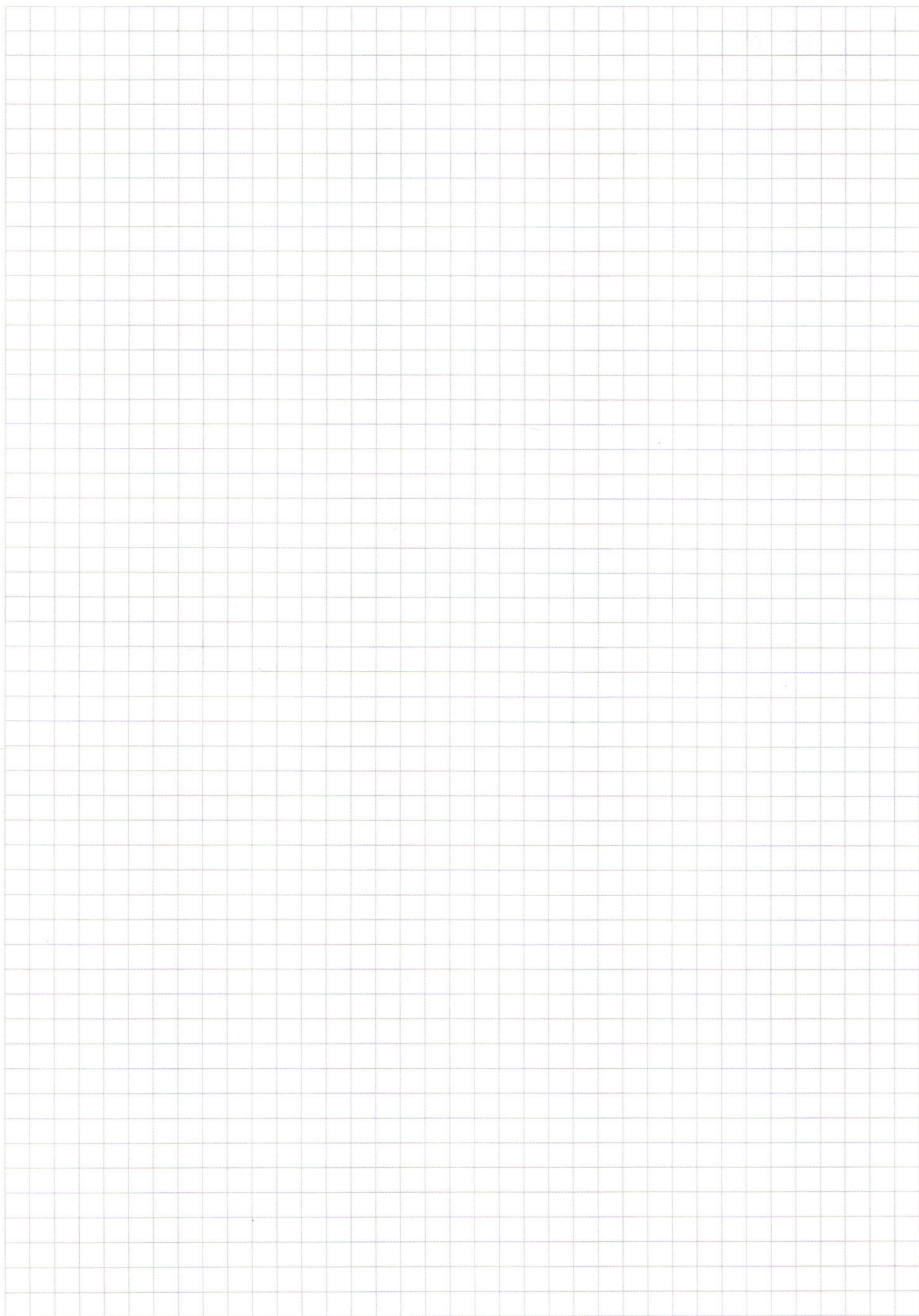
$$(q_k - q_n)E = (W_{k_0} - W_{k_1}) + W_{k_1} - W_{k_2}$$

$$(C\varphi - CU_1)E = \frac{C\varphi^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} + \frac{LI_0^2}{2} - 0$$

исходный максималь ток

$$\cancel{CE} C E (\varphi - U_1) = \frac{C}{2} (\varphi^2 - U_1^2) + \frac{L I_0^2}{2}$$

$$I_0 = \sqrt{\frac{2CE(\varphi - U_1) - C(\varphi^2 - U_1^2)}{L}} = \sqrt{8} \cdot 10^4 \text{ A}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten work on graph paper showing calculations and diagrams for a thermodynamic process.

Diagram 1 (Top Left): A p-V diagram showing a process from state 1 to state 2. The vertical axis is pressure (p) and the horizontal axis is volume (V). State 1 is at (V₁, p₁) and state 2 is at (V₂, p₂). The process is a straight line. The area under the curve is shaded, representing work. The pressure at state 2 is labeled as p₂ = p₁.

Diagram 2 (Top Right): A circuit diagram showing a battery with EMF $\mathcal{E}$ and internal resistance r connected to a variable resistor R . The current is I . The voltage across the resistor is U_R . The total voltage is $\mathcal{E} = U_R + U_r$.

Calculations:

1. $p_1 V_1 = \nu R T_1$
 2. $p_2 V_2 = \nu R T_2$

From the p-V diagram, the process is a straight line from (V₁, p₁) to (V₂, p₂). The pressure at state 2 is p₂ = p₁.

The work done during the process is:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1)$$

The heat added during the process is:

$$Q = \nu C_V (T_2 - T_1) = \frac{\nu R}{\gamma - 1} (T_2 - T_1)$$

The efficiency of the process is:

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{p_1 + p_2}{2} \frac{V_2 - V_1}{\frac{\nu R}{\gamma - 1} (T_2 - T_1)}$$

Using the ideal gas law, $pV = \nu RT$, we can express the efficiency in terms of pressure and volume:

$$\eta = \frac{p_1 + p_2}{2} \frac{V_2 - V_1}{\frac{\nu R}{\gamma - 1} \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{\nu R}} = \frac{p_1 + p_2}{2} \frac{V_2 - V_1}{p_2 V_2 - p_1 V_1} (\gamma - 1)$$

For the given process, p₂ = p₁, so the efficiency is:

$$\eta = \frac{p_1 + p_1}{2} \frac{V_2 - V_1}{p_1 V_2 - p_1 V_1} (\gamma - 1) = \frac{p_1}{2} \frac{V_2 - V_1}{p_1 (V_2 - V_1)} (\gamma - 1) = \frac{\gamma - 1}{2}$$

The final result is:

$$\eta = \frac{\gamma - 1}{2}$$

Handwritten physics notes on grid paper, featuring diagrams and equations related to mechanics and electromagnetism.

Top Left: $180^\circ - (116^\circ)$, $Eg = F_{\text{ан}}$, $\frac{kq}{r^2} = U$, $E = \frac{q}{8\pi\epsilon_0 S}$

Top Center: $\alpha = 0$, a , $E = \frac{q}{8\pi\epsilon_0 S}$

Top Right: $E = \frac{q}{8\pi\epsilon_0 S}$, $Eg = ma$

Middle Left: $\frac{kq}{r^2} = f$, $\frac{kq}{r^2} = f$, Eg

Middle Center: $C = \frac{q}{U}$, $\cos(180^\circ - \arccos(0.8))$, $\cos(180^\circ - 50^\circ)$

Middle Right: $a = \frac{Eq}{m}$, $EgT = mV_1$, $T = \frac{mV_1}{Eq}$

Bottom Left: $(3) (Eq)$, Ug , $\frac{U}{V_1}$

Bottom Center: $\frac{mV_1^2}{2} = Eq \cdot 0.8d$, $E = \frac{mV_1^2}{2 \cdot 0.8d} = \frac{5V_1^2}{8d}$

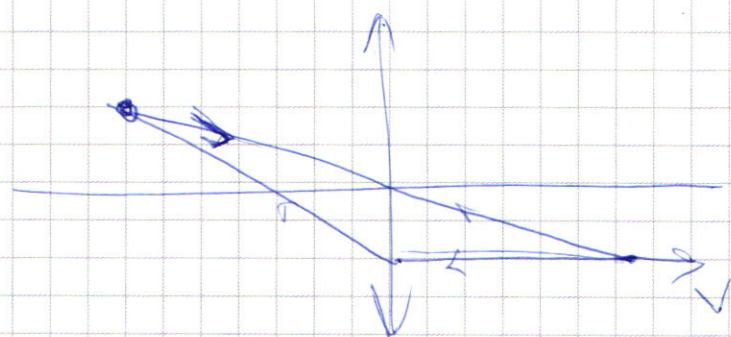
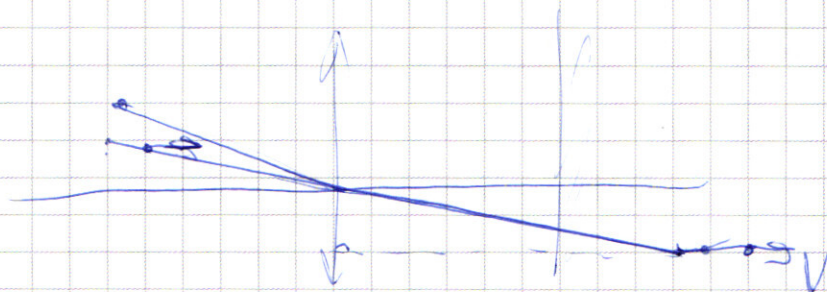
Bottom Right: $\frac{16}{10} = \frac{8}{5}$, $\frac{U \cdot C}{m}$

Text: $V_0 + V = \text{const}$, скорость света

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

m
 $ma = T$
 $\frac{m v^2}{R}$
 $\frac{L}{5mg} = \frac{16}{F} - \frac{3}{5F}$
 $\frac{2}{5F}$
 14
 14
 119
 14
 289
 64
 225
 1636
 20
 $\frac{10 \cdot 3 \cdot 14 \cdot 3 \cdot 15}{14 \cdot 14 \cdot 10^3} = \frac{3 \cdot 3 \cdot 15}{10^3}$
 90
 90
 $40 \frac{m}{c}$
 $40 \cdot \frac{0.01}{1} = 0.135$
 $0.5 \cdot 0.387$
 -240
 $-2 \cdot 20 \cdot 3 \cdot 2$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$



$$\frac{5F}{3}$$

$$\frac{4F}{3} + \frac{F}{3}$$